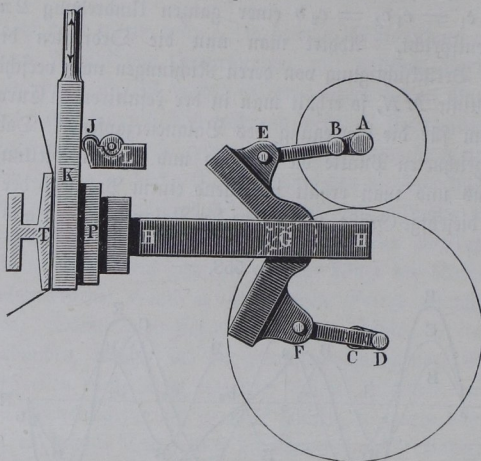


Rückgange der Formplatte *P* die Platte *K* nach oben zurückgezogen, so hat die Druckplatte *P* Gelegenheit, bei ihrem wiederholten Vorgehen die von der

Fig. 559.



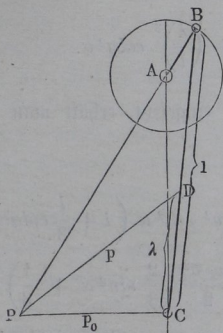
Reliefform aufgenommene Farbe auf das über *T* gespannte Zeug zu drucken. Hierzu ist daher erforderlich, daß die Druckplatte *P* aus ihrer hintersten Lage abwechselnd einen kleineren Vorschub bis an das Chassis *K* und dann einen größeren Vorschub bis an den Drucksisch *T* erlangt.

- §. 143. **Einfluss der Massen.** Bei den vorstehenden Ermittlungen ist auf die in den bewegten Theilen enthaltenen Massen eine besondere Rücksicht nicht genommen worden. Da indessen der Bewegungszustand des Kurbelgetriebes von diesen Massen wesentlich beeinflusst wird, insbesondere, sobald die Geschwindigkeiten nicht sehr kleine sind, so soll die Untersuchung mit Rücksicht hierauf besonders geführt werden. Man hat es bei dem Kurbelgetriebe hauptsächlich mit drei verschiedenen Massen zu thun, nämlich mit denjenigen, welche, mit der Kurbelwelle fest verbunden, lediglich eine rotirende Bewegung haben, ferner mit denjenigen, welche, mit dem Kreuzkopfe direct oder indirect vereinigt, an dessen geradlinig hin- und hergehender Bewegung sich theilnehmen, und endlich mit denjenigen Massen, deren Bewegung wie die der Lenkerstange eine aus Drehung und Verschiebung zusammengesetzte ist.

Die rotirenden Massen setzen sich zusammen aus denjenigen der Kurbelwelle nebst Kurbel und Kurbelzapfen sowie aller auf der Kurbelwelle fest angebrachten Theile, wie Räder, Scheiben zc. Ist die Kurbel auf der Axc

alternirenden Massen vernachlässigen können, doch kann man bei strengen Rechnungen den Einfluß dieser Masse in folgender Art näherungsweise in Betracht ziehen. Die Momentanbewegung der Lenkerstange BC , Fig. 562, in irgend einer Kurbelstellung AB läßt sich bekanntlich als eine unend-

Fig. 562.



lich kleine Drehung der Stange um den Pol P auffassen, welchen letzteren man jederzeit in dem Durchschnittspunkte der Kurbelrichtung BA mit der in C auf der Bewegung des Kreuzkopfes errichteten Normale CP findet. Bezeichnet nun p_0 den Polstrahl PC des Kreuzkopfes, dessen Geschwindigkeit c ist, und p den Polstrahl PD eines beliebigen Stangenpunktes D , in der Entfernung λ von C , so ist die Geschwindigkeit des letzteren $\frac{p}{p_0} c$. Das in D enthal-

tene Massenelement der Lenkerstange, deren Querschnitt f und deren Dichte γ sein möge, ist $m = f\gamma \partial \lambda$, unter $\partial \lambda$ ein Längenelement verstanden. Folglich hat man die vermöge der Geschwindigkeit in dem Elemente angehäuften Massenarbeit gleich

$$f\gamma \cdot \left(\frac{p}{p_0}\right)^2 \frac{c^2}{2} \partial \lambda,$$

und die Massenarbeit in der ganzen Stange gleich

$$\int_0^l f\gamma \left(\frac{p}{p_0}\right)^2 \frac{c^2}{2} \partial \lambda.$$

Zur Bestimmung dieses Werthes sei der Querschnitt f constant, d. h. die Stange von cylindrischer Form vorausgesetzt, welche Annahme bei der geringen Größe von m_3 als zulässig erscheint. Außerdem möge die Länge l der Stange im Vergleiche mit dem Kurbelarme r genügend groß angenommen werden, um in dem Ausdrücke für die Geschwindigkeit des Kreuzkopfes

$$c = v \left(\sin \alpha \mp \frac{r}{2l} \sin 2\alpha \right)$$

das Glied $\frac{r}{2l} \sin 2\alpha$ vernachlässigen zu können, eine Annahme, die um so mehr zulässig erscheint, je mehr sich α dem rechten Winkel, also $\sin 2\alpha$ dem Werthe Null nähert. Betrachtet man ferner das Dreieck PCD als bei C

rechtwinkelig, indem man den Winkel γ wegen der Kleinheit der Größe $\frac{r}{l}$ vernachlässigt, so hat man den Polstrahl PD gleich

$$p = \sqrt{p_0^2 + \lambda^2},$$

oder da in diesem Falle $p_0 = l \tan \alpha$ zu setzen ist:

$$\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 = \frac{l^2 \tan^2 \alpha + \lambda^2}{l^2 \tan^2 \alpha} = 1 + \left(\frac{\lambda}{l}\right)^2 \cot^2 \alpha.$$

Diesen Werth für $\left(\frac{p}{p_0}\right)^2$ und $v \sin \alpha$ für c eingesetzt, erhält man für obiges Integral den Ausdruck

$$\begin{aligned} \frac{\gamma f}{2} \int_0^l \left(1 + \frac{\lambda^2}{l^2} \cot^2 \alpha\right) v^2 \sin^2 \alpha \partial \lambda &= \frac{\gamma f}{2} v^2 \sin^2 \alpha \left(l + \frac{l}{3} \cot^2 \alpha\right) \\ &= \frac{m_3 v^2}{2} \left(\sin^2 \alpha + \frac{1}{3} \cos^2 \alpha\right) = \frac{m_3 v^2}{2} \left(\frac{2}{3} \sin^2 \alpha + \frac{1}{3}\right). \end{aligned}$$

Da nun die in der rotirenden Masse m_1 vermöge der Geschwindigkeit v enthaltene Massenarbeit durch

$$\frac{m_1 v^2}{2}$$

und die in der schwingenden Masse m_2 vermöge der Geschwindigkeit $v \sin \alpha$ enthaltene Arbeit durch

$$\frac{m_2 v^2 \sin^2 \alpha}{2}$$

ausgedrückt ist, so läßt sich, wie obiger Ausdruck zeigt, die in der Masse m_3 der Lenkerstange angehäuften Arbeit annähernd derart berücksichtigen, daß man diese Masse zu einem Drittel der rotirenden Masse m_1 und zu zwei Dritteln der schwingenden Masse m_2 hinzugefügt denkt. Für die folgenden Untersuchungen soll immer eine solche Vertheilung der Lenkerstangenmasse m_3 vorausgesetzt werden, so daß die besondere Einführung des Werthes m_3 in die Rechnung nicht nöthig ist.

Um zunächst im Allgemeinen von der Wirkung der Massen auf den Bewegungszustand der Kurbel eine Vorstellung zu gewinnen, bemerke man, daß in jedem Falle, ob nun die Drehung der Kurbelwelle mit gleichförmiger Geschwindigkeit erfolge oder nicht, die schwingende Masse von jeder Todtlage aus, woselbst ihre Geschwindigkeit gleich Null ist, während des ersten Theils der Bewegung ihre Geschwindigkeit zu einem gewissen größten Werthe c_{max} steigert, worauf diese Geschwindigkeit allmählig wieder zu Null herabsinkt, wenn die Kurbel die nächste Todtlage erreicht. Diese Masse m_2 nimmt daher bei jedem einfachen Schube während des ersten Theils der Bewegung eine ent-

sprechende mechanische Arbeit zu ihrer Beschleunigung in sich auf, welche Arbeit sie während des zweiten Theils der Bewegung wieder in ihrem ganzen Betrage hergiebt, da sie immer in den Grenzen des Hubes oder in den Wendepunkten ihre ganze lebendige Kraft eingebüßt hat. Während daher die schwingende Masse bei jedem einfachen Hube anfangs auf die Bewegung verzögernd wirkt, wird sie nachher einen beschleunigenden Einfluß ausüben. Es ist natürlich, daß die zu der Beschleunigung der schwingenden Massen erforderliche mechanische Arbeit von dem treibenden Organe angewendet werden muß, also von dem Dampfkolben bei Dampfmaschinen und von der Kurbelwelle bei Pumpwerken. Der Grenzpunkt zwischen diesen beiden entgegengesetzten Einwirkungen wird demjenigen Augenblicke entsprechen, in welchem der Kreuzkopf seine größte Geschwindigkeit v_{max} erreicht hat, da in diesem Augenblicke die Beschleunigung in eine Verzögerung übergeht. Diese größte Kolbengeschwindigkeit wurde in §. 139 unter Voraussetzung einer gleichmäßigen Kurbeldrehung ermittelt; es ist aber leicht einzusehen, daß die Kurbelwelle selbst eine genau gleichmäßige Bewegung niemals annehmen wird, denn hierzu würde erforderlich sein, daß die treibende Kraft mit Einschluß der aus der Verzögerung der schwingenden Massen hervorgehenden in jedem Augenblicke der Bewegung genau gleich dem Widerstande mit Einschluß des aus der Beschleunigung der schwingenden Massen resultirenden wäre. Da dies im Allgemeinen nicht der Fall ist, die treibende Kraft vielmehr den widerstehenden Druck bald übertrifft, bald darunter bleibt, so wird in Folge des bald positiven, bald negativen Ueberschusses der ersteren Kraft über die letztere die Kurbelwelle bald einer Beschleunigung bald einer Verzögerung ausgesetzt, und es wird für den Betrag der hierdurch erzeugten Geschwindigkeitschwankungen in erster Reihe die Größe der rotirenden Masse m_1 bestimmend sein. Diese rotirende Masse nimmt hierbei in den Perioden einer überwiegenden Triebkraft mechanische Arbeit auf, indem sie beschleunigt wird, und sie giebt dagegen diese aufgespeicherte Arbeit wieder ab, sobald die treibende Kraft unter den Betrag des Widerstandes herabsinkt. Auch die rotirende Masse, als deren Hauptrepräsentanten die Schwungräder anzusehen sind, wirken daher bald als widerstehende, bald als treibende Organe, und es ist unschwer zu erkennen und wird in dem Folgenden näher untersucht werden, daß die Schwankungen der Geschwindigkeiten um so geringer, die Gleichförmigkeit der Bewegung daher um so größer werden muß, je größer die rotirende Masse m_1 ist. Auch die schwingende Masse m_2 nimmt natürlich an den hier gedachten Schwankungen der Geschwindigkeit Theil, im Vergleich mit der rotirenden Masse m_1 ist dieselbe aber in den meisten Fällen von nur untergeordneter Bedeutung für die Gleichförmigkeit in dem Bewegungszustande der Kurbelwelle. Daß übrigens die von den Massen abwechselnd aufgenommenen und wieder abgegebenen mechanischen Arbeiten

auch hier innerhalb gewisser Bewegungsperioden von genau gleichen Beträgen sind, gilt jedenfalls für den mit dem Namen „Beharrungszustand“ bezeichneten Zustand der Bewegung, wie er sich bei allen Maschinen sehr schnell von selbst einstellt, und wie er in den folgenden Untersuchungen immer vorausgesetzt werden soll. So lange bei einer Maschine die treibende Kraft den durchschnittlichen Widerstand übertrifft, wie dies nach dem Inangangsetzen einer Maschine während des sogenannten Anlaufes der Fall ist, wird die überschießende Arbeit der treibenden Kraft fortwährend zu Beschleunigung der Massen verwendet. Erst wenn die mit Vergrößerung der Geschwindigkeit gewachsenen Arbeitswiderstände einen durchschnittlichen Betrag erreicht haben, welcher dem Durchschnittswerthe der Triebkraft gleich ist, welche letztere im Allgemeinen mit zunehmender Geschwindigkeit kleiner zu werden pflegt, stellt sich jener gedachte Beharrungszustand im Gange der Maschine ein. In diesem Zustande stellen sich aus den oben erläuterten Gründen gewisse periodische Geschwindigkeitsänderungen in regelmäßiger Wiederholung ein, so lange in der Wirkung der Triebkraft und des Widerstandes nichts geändert wird. Beim Außerbetriebsetzen der Maschine, bei welchem die treibende Kraft gänzlich außer Wirkung gesetzt wird, muß die Bewegung noch eine gewisse Zeit hindurch vermöge der den Massen innewohnenden lebendigen Kraft andauern. Diese Bewegung, der sogenannte „Auslauf“ der Maschine, ist in ähnlicher Art durch eine fortgesetzte Verzögerung bis zum schließlichen Stillstande gekennzeichnet, in welcher der Anlauf durch eine stetige Beschleunigung vom Zustande der Ruhe bis zu dem der normalen Geschwindigkeit charakterisirt wird. Es ist selbstredend, daß die während des Anlaufes von der treibenden Kraft in den Massen angehäuften lebendige Kraft während des Auslaufs in ihrem vollen Betrage wieder hergegeben wird.

§. 144. Die Kurbel mit constanter Kolbenkraft. Um den Bewegungszustand der Kurbel unter Berücksichtigung der Massenwirkungen zu verfolgen, soll zunächst die einfachere Voraussetzung gemacht werden, daß die auf den Kreuzkopf wirkende Kolbenkraft Q von constanter Größe sein soll, wie diese Voraussetzung dem Falle einer Volldruckmaschine oder bezw. einer Wasserpumpe entspricht, und soll später die Untersuchung für eine veränderliche Kolbenkraft, wie sie den Expansionsmaschinen und Luftpumpen zukommt, besonders geführt werden. Auch die Kraft an der Kurbelwelle sei von constanter Größe und habe dieselbe an einem Halbmesser gleich dem Kurbelarme r den Werth P , und zwar soll zunächst entsprechend einer Dampfmaschine vorausgesetzt werden, daß der Antrieb von der Kolbenstange ausgeht, so daß man unter P einen Widerstand zu denken hat, wie er etwa von der durch die Dampfmaschine zu betreibenden Mühlen- oder anderen Anlage auf die Kurbelwelle wirksam ist. Wenn, wie bei dem Betriebe der Pump-